

ZnO ナノロッドバッファ層導入による polyimide 上 VO₂膜の IMT 特性の改善Improvement of IMT properties of VO₂ films on polyimide by introducing ZnO nanorod buffer layer1 東海大院工 ○小澤 雪斗¹, 宮武 佑多¹, 沖村 邦雄¹

1 Graduate School of Engineering, Tokai Univ.

○Yukito Ozawa, Yuta Miyatake and Kunio Okimura

E-mail: yuki.yu.u0530@gmail.com

二酸化バナジウム(VO₂)は室温で単斜晶系の結晶構造を有し, 68°C 程度の温度で正方晶系の結晶構造へと転移し, それに伴って4~5桁に及ぶ抵抗値の変化, 即ち絶縁体-金属相転移(Insulator-Metal Transition: IMT)を引き起こす^[1]. また VO₂は IMT により抵抗値に加えて光学的な特性についても大きく変化することが知られており, これらの特性を有する VO₂はセンサーやアクチュエータ, スマートウインドウといった幅広い応用が期待されている材料である. この VO₂を柔軟な基板上に結晶成長させることが出来ればリジッドな基板と比較した際, 上記の応用例に対して空間利用率の向上, 軽量化や薄型化といった多くの利点がある. 本研究ではフレキシブル基板として高い耐熱性を有する樹脂で外部からの応力に耐性のあるポリイミドを採用した. また VO₂結晶の結晶成長促進のためにバッファ層として, スパッタ装置で成膜した酸化亜鉛(ZnO_seed)と水熱合成によって成膜したナノロッド酸化亜鉛(ZnO_NR)の2種類を採用し比較した^[2].

実験はまずポリイミド膜を石英基板(20×20 mm²)上へスピンコート法で堆積した. ポリイミドワニスにスピンコートした後, 熱処理を行い厚さ約 10 μm のポリイミド膜を作製した. また, スパッタ法により厚さ 300 nm の ZnO_seed を堆積した. 次に HMTA(C₆H₁₂N₄)と硝酸亜鉛六水和物(Zn(NO₃)₂・6H₂O)を混合させた溶液中に ZnO_seed 基板を入れ, 液中温度 90°C で 120 min 成膜させることで厚さ約 300 nm の ZnO_NR を作製した. VO₂薄膜堆積は反応性スパッタ法により行い, 低温結晶成長にも有効なバイアス印加スパッタ法の導入により 300 °C 程度での ZnO の拡散を防いだ^{[3][4]}. VO₂成膜は基板温度 250°C, 全圧 0.5 Pa, O₂流量 1.0 sccm, RF power 200 W, バイアス電力 9~18 W, 成膜時間 40 min で行った.

Fig.1 は ZnO_NR を上面から見た SEM 像であり, 六方晶系を有する ZnO のロッド一本一本が成長していることが確認出来る. ナノロッドの粒径は 150~200 nm であった. **Fig.2** は VO₂/ZnO_seed/Polyimide/quartz サンプル[(a)V_{dc}=-130 V, (c)V_{dc}=-150 V]と VO₂/ZnO_NR/Polyimide/quartz サンプル[(b)V_{dc}=-130 V, (d)V_{dc}=-150 V]の XRD パターンである. VO₂/ZnO_NR/Polyimide/quartz サンプルではバイアス電圧 V_{dc}=-130 V(b), 150 V(d)共に VO₂の(020)面とその倍面である VO₂(040)面が確認出来た. 対して VO₂/ZnO_seed/Polyimide/quartz サンプルの V_{dc}=-130 V(a)では VO₂のピークを確認出来ず, V_{dc}=-150 V(c)で VO₂(020)面のみ確認出来る結果となった. 以上より ZnO_NR は ZnO_seed より低いエネルギーのイオンアシスト効果で VO₂が配向成長するバッファ層であることが分かった. **Fig.3** は VO₂/ZnO_NR/Polyimide/quartz サンプル(a)と VO₂/ZnO_seed/Polyimide/quartz サンプル(b)の抵抗率-温度特性結果の比較である. ZnO_seed サンプル(b)は 2.9 桁の転移を示したのに対し, ZnO_NR サンプル(a)は 3.5 桁の転移を示し, ZnO_seed サンプルと比較してより急峻な転移特性を示した. 発表では幅広い基板バイアス条件下での ZnO_NR と ZnO_seed の抵抗率-温度特性結果や光学特性も併せて報告する.

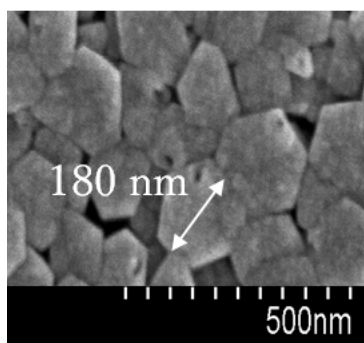
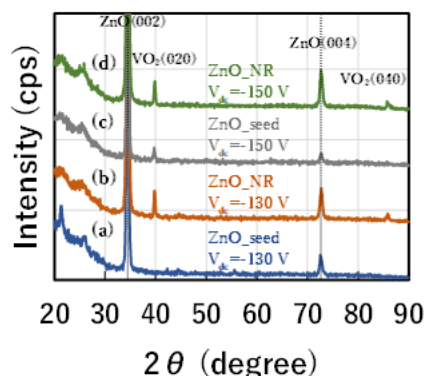
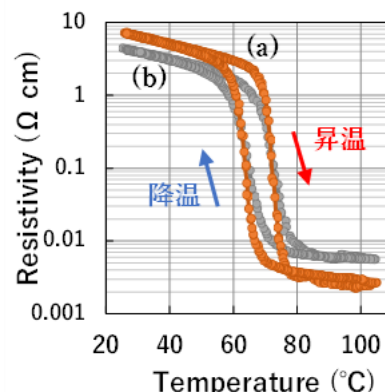
[1] F. J. Morin, Phys. Rev.Lett **3**, 34-36 (1959).[4] Y. Miyatake *et al.*, J. Vac. Sci. Technol A (2022).[2] K. Kato *et al.* Jpn. J. Appl. Phys. **42**, 6523 (2003).[3] N. H. Azhan *et al.*, J. Appl. Phys. **117**, 185307 (2015).

Fig.1 SEM image from the top view of ZnO_NR.

Fig.2 XRD measurement results (2θ-ω scan) for VO₂/ZnO_NR/Polyimide/quartz and VO₂/ZnO_seed/Polyimide/quartz samples at bias voltages of -130 V and -150 V.Fig.3 Resistivity-Temperature characteristics results for (a)VO₂/ZnO_NR/Polyimide/quartz and (b)VO₂/ZnO_seed/Polyimide/quartz samples at bias voltages of -150 V.